ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN — POLONIA
VOL. XXIII, 23 SECTIO H 1989

Zakład Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej
Wydziału Ekonomicznego UMCS

Henryk PŁUDOWSKI

Metoda analizy efektywności nawożenia mineralnego przy pomocy współczynnika oddziaływania nawozów

Метод анализа эффективности минерального удобрения при помощи коэффициента воздействия удобрения

The Method of Analysing the Efficiency of Mineral Fertilization with the Use of the Coefficient of the Influence of Fertilizers

W ramach powołanego Ośrodka Koordynacyjnego RWPG, zajmującego się problematyką gospodarki nawozowej, została utworzona grupa specjalistów, której podstawowym celem badawczym jest doskonalenie metodyki określania ekonomicznej efektywności nawożenia mineralnego w warunkach produkcyjnych. W poprzednich latach w pracach tej grupy ze strony Polski udział brali E. Kurek i H. Płudowski.

W rezultacie skoordynowanych badań została zaproponowana metoda określania ekonomicznej efektywności nawożenia mineralnego na podstawie współczynnika oddziaływania nawozów [1]. Współczynnik ten (W) wyraża się formułą:

$$W = \frac{y - y_0}{y}$$

gdzie: y — plon rzeczywiście uzyskany,
y_0 — plon, jaki można uzyskać w danych warunkach bez nawożenia mineralnego.

Z formuły tej wynika, że współczynnik oddziaływania nawozów jest stosunkiem przyrostu plonu uzyskanego dzięki zastosowanemu nawożeniu do plonu całkowitego. Na podstawie uogólnionego wskaźnika można

[1] *Projekt mietodiki opriedielenija effiektiwnosti primienienija udobrenij w proizwodstwiennych usłowijach.* Moskwa 1977 (maszynopis powielany, nie autoryzowany.)

ustalać przyrosty plonów i uzyskanych dochodów. Po obliczeniu kosztów nawożenia i pozyskiwania przyrostu plonu otrzymuje się potrzebne dane do przeprowadzenia technicznej i ekonomicznej analizy efektywności nawożenia mineralnego. Analiza taka pod względem merytorycznym nie budzi wprawdzie zastrzeżeń, ale nie we wszystkich przypadkach łatwa jest do praktycznego zastosowania.

Na podstawie spostrzeżeń własnych i wymienionych poglądów trzeba wskazać, iż podstawową trudnością przy zastosowaniu zaproponowanej metody jest ustalenie plonu bez nawożenia mineralnego. Plon ten stanowi wielkość zmienną i zależną od wielu czynników, w tym również od czynnika losowego. W bardziej ścisłych badaniach trzeba na każdym polu i w każdym roku ustalać w drodze eksperymentu plon, jaki można było uzyskać w danych warunkach bez nawożenia mineralnego, co — rzecz jasna — nie może mieć masowego zastosowania w praktyce rolniczej. W związku z tymi trudnościami uzasadnione było podjęcie przez autora próby określenia współczynnika oddziaływania nawozów przy pomocy regresji wielorakiej [2]. Podobne koncepcje wysuwali również specjaliści ze Związku Radzieckiego [3]. Podjęte w tym zakresie dalsze badania [4] wykazały, że wspomiana koncepcja ma swoje logiczne i merytoryczne uzasadnienie, dlatego też wyrażamy przekonanie, że zasługuje ona na uwagę i pełne opracowanie w formie przedkładanej publikacji.

Procedura postępowania przy zastosowaniu proponowanej przez nas metody analizy polega na opracowaniu zmiennych, aproksymacji i estymacji odpowiedniego modelu funkcji produkcji roślinnej, obliczeniu współczynników oddziaływania nawozów i wskaźników efektywności nawożenia mineralnego. W takiej też kolejności będziemy rozpatrywać poszczególne zagadnienia na przykładzie danych pochodzących z rolniczych spółdzielni produkcyjnych (RSP).

MATERIAŁ EMPIRYCZNY I OPRACOWANIE ZMIENNYCH

Celem przedstawienia omawianej metody analizy efektywności nawożenia na konkretnym materiale liczbowym posłużono się danymi, jakie zostały zebrane przy okazji opracowania podstaw alokacji puli nawozo-

[2] H. Płudowski: *Opriedielenije koefficyjentow diejstwija udobrienij na osnowie proizwodstwiennoj funkcyi urożajnosti kultur.* Lublin 1983 (referat powielany).

[3] Praca zbiorowa: *Mietodika opriedielenija ekonomiczeskoj effiektiwnosti udobrienij i drugich sriedstw, primieniajemych w sielskom choziajstwie.* Moskwa 1977 (referat powielany).

[4] H. Płudowski, P. Gradziuk: *Efektywność nawożenia mineralnego w gospodarstwach indywidualnych województwa zamojskiego w latach 1977—1982* „Wiadomości Statystyczne" 1983, 9.

wej w Polsce[5]. Ze względu na konieczność zmiejszenia rozmiarów pracy ograniczamy się do RSP, mając na uwadze fakt, że w tym sektorze naszego rolnictwa efektywność nawożenia mineralnego jest najmniej poznana.

Podstawowe źródła materiałów stanowiły opracowywane przez GUS wynikowe szacunki plonów i zbiorów w latach 1976—1981 oraz publikacje dotyczące zużycia nawozów w latach gospodarczych 1975/76—1980/81, czyli pod zbiory danego roku kalendarzowego. Ponadto wykorzystano niektóre informacje z pracy zbiorowej IUNG pod kierunkiem T. Witka[6]. Za jednostkę statystyczną przyjęto województwo. Na podstawie zebranego materiału źródłowego opracowano zmienne:

y — globalna produkcja roślinna w JZ/ha UR,

x_1 — nawożenie mineralne NPK w kg/ha UR,

x_2 — nawozowy wskaźnik intensywności struktury zasiewów w punktach,

x_3 — wskaźnik bonitacji gleb w punktach.

Wcześniejsze nasze badania[7] wykazały, że globalna produkcja roślinna wyrażona w jednostkach zbożowych na hektar użytków rolnych stanowi wskaźnik dobrze odzwierciedlający poziom produkcji roślinnej i wykazuje ściślejsze związki z nawożeniem, a zatem może być przyjęta za miernik efektywności nawożenia mineralnego (x_1). Przy jej obliczaniu zostały uwzględnione produkty główne i uboczne pochodzące z użytków rolnych. Nie doliczono zatem produktów szklarniowych.

Wskaźnik nawozowej intensywności struktury zasiewów (x_2) obliczano z wzoru:

$$x_2 = \Sigma q_i f_i,$$

gdzie: q_i — procentowy udział i-tego gatunku w strukturze zasiewów,
f_i — współczynnik nawozochłonności i-tego gatunku.

Zastosowane współczynniki nawozochłonności roślin uprawnych zostały opublikowane w innej pracy[8]. Wyrażają one względną i porównywalną nawozochłonność poszczególnych gatunków roślin uprawnych.

Obliczony według podanego wzoru wskaźnik intensywności struktury zasiewów charakteryzuje organizację produkcji roślinnej z punktu widzenia potencjalnych potrzeb nawozowych. Zwiększanie w strukturze

---

[5] H. Płudowski: *Podstawy alokacji puli nawozowej w Polsce.* INR AR Zamość 1985 (maszynopis).

[6] Praca zbiorowa: *Waloryzacja rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski według gmin.* IUNG, Puławy 1981.

[7] H. Płudowski: *Związki i zależności między poziomem produkcji roślinnej, nawożeniem, strukturą zasiewów i waloryzacją rolniczej przestrzeni produkcyjnej w Polsce.* MIEiOR AR, Lublin 1983 (maszynopis).

[8] H. Płudowski: *System współczynników nawozochłonności roślin uprawnych.* „Zagadnienia Ekonomiki Rolnej” 1984, 5.

zasiewów udziału gatunków roślin o większych wymaganiach nawozowych i wyższej produkcyjności dodatnio wpływa na wielkość i efektywność nawożenia mineralnego [9]. Występuje w tym zakresie prawidłowość, że im większy udział gatunków intensywnych, tym produkcja roślinna jest intensywniej zorganizowana i bardziej nawozochłonna. Można zatem mówić o nawozowej intensywności struktury zasiewów.

Wskaźniki bonitacji gleb obliczano według współczynników IUNG [10]. Są to współczynniki wyrażone w skali 100-punktowej — dla gruntów ornych w przedziale od 18 (kl. VI) do 100 punktów (kl. I), a dla trwałych użytków zielonych od 15 (kl. VI) do 90 punktów (kl. I). Należy tutaj dodać, że opracowane dla województw wskaźniki waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej nie charakteryzują dokładnie warunków przyrodniczo-glebowych poszczególnych sektorów w obrębie jednego województwa [11].

Podstawowe charakterystyki statystyczne opracowanych zmiennych (średnie i współczynniki zmienności) zamieszczono w tabeli 1. Wynika z niej, że RSP w latach 1979—1981 uzyskiwały wyraźnie niższą produkcję niż w latach 1976—1978. Podobne tendencje występowały w innych sektorach i w całym rolnictwie [12]. Był to okres niekorzystny dla rolnictwa, a szczególnie głęboki spadek produkcji miał miejsce w roku 1980. Do obniżenia poziomu produkcji roślinnej przyczynił się również spadek nawożenia mineralnego, które w latach 1979—1981 zmniejszyło się o 33,3 kg NPK w porównaniu z latami 1976—1978. Trzeba także wskazać, że w całym okresie występowała tendencja do ekstensyfikacji struktury zasiewów. Zjawiska te, jak wykażemy dalej, miały niekorzystny wpływ na efektywność stosowanego nawożenia mineralnego. Badane cechy charakteryzowały się dość dużą zmiennością, co z metodycznego punktu widzenia należy uznać za korzystne, bo umożliwia analizowanie współzmienności.

Traktując wszystkie obserwacje z lat 1976—1981 jako jedną wymieszaną próbę [13], dokonano obliczeń statystycznych w Zakładzie Metod Numerycznych UMCS.

---

[9] H. Płudowski, U. Kuśnierz-Gozdalik, J. Walczak: *Poziom i efektywność nawożenia mineralnego w zależności od struktury zasiewów*. „Roczniki Nauk Rolniczych", 1980, seria G, t. 82, z. 4.

[10] Praca zbiorowa: *Waloryzacja rolniczej przestrzeni produkcyjnej (...) op. cit.* s. VI i VII wstępu.

[11] H. Płudowski: *Wskaźniki wyrażające poziom produkcji roślinnej i ich związki z waloryzacją rolniczej przestrzeni produkcyjnej*. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio H, vol XXI, 1987.

[12] H. Płudowski: *Podstawy alokacji (...), op. cit.*, s. 11.

[13] Wykonane obliczenia dla poszczególnych lat, ze względu na małą liczbę obserwacji, nie dały spodziewanych rezultatów.

Tab. 1. Statystyczna charakterystyka zmiennych — ich średnie i współczynniki zmienności w latach 1976—1981

A statistical characterization of variables — their mean values and coefficients of changeability between 1976 and 1981

Rok	Srednie arytmetyczne				Współcz. zmienności			
	y	x_1	x_2	x_3	V_y	V_1	V_2	V_3
1976	32,45	280,5	127,1	48,17	18,59	20,20	7,12	13,30
1977	30,38	274,0	124,9	48,17	16,99	22,81	7,63	13,30
1978	30,99	283,7	124,4	48,17	20,82	20,33	8,23	13,30
1979	27,04	248,7	123,7	48,17	20,26	25,67	7,82	13,30
1980	23,06	259,7	122,6	48,17	23,67	17,96	7,95	13,30
1981	25,85	230,2	121,0	48,17	21,50	19,02	7,48	13,30
1976—81	28,30	262,8	123,9	48,17	23,22	22,38	7,86	13,30

Źródło: Obliczenia numeryczne na podstawie danych GUS.

MODEL FUNKCJI PRODUKCJI ROŚLINNEJ

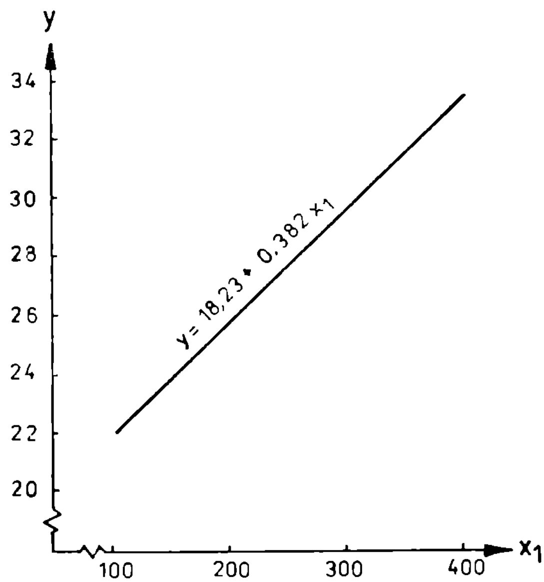
Wychodząc z założenia, że poziom produkcji roślinnej (y) jest funkcją nawożenia mineralnego (x_1), nawozowej intensywności struktury zasiewów (x_2) i warunków przyrodniczo-glebowych wyrażonych wskaźnikiem bonitacji gleb (x_3) trzeba aproksymować i estymować odpowiedni model funkcji. Przy poszukiwaniu takiego modelu funkcji stosowano regresję wieloraką liniową, paraboliczną i potęgową. W rezultacie przeprowadzonych obliczeń okazało się, że regresji wielorakiej z członami parabolicznymi nie można udowodnić, a pod względem ścisłości związku, wyrażonego współczynnikiem korelacji wielorakiej, regresja potęgowa nie przewyższała liniowej. Wobec tego posłużono się trzyczynnikową funkcją liniową:

$$\acute{y}=a+b_1x_1+b_2x_2+b_3x_3.$$

Funkcja ta, obliczona metodą najmniejszych kwadratów, wyraziła się równaniem:

$$\acute{y}=-26,12+0,0382x_1+0,316x_2+0,108x_3.$$

Obliczona funkcja charakteryzuje się korzystnym współczynnikiem korelacji wielorakiej (R=0,786) i stosunkowo dużą dyspersją resztową — wynoszącą 4,09 JZ/ha UR. Wszystkie cząstkowe parametry funkcji są statystycznie istotne przy prawdopodobieństwie 0,999. Można zatem posłużyć się nią przy analizie efektywności nawożenia mineralnego. Z funkcji tej — przez wprowadzenie średnich arytmetycznych X_2 iX_3 — można wyprowadzić funkcję cząstkową względem nawożenia mineralnego (ryc.1).



Ryc. 1. Zależność między nawożeniem mineralnym NPK w kg/ha (X_1) a globalną produkcją roślinną w IZ/ha

The dependencies between mineral fertilization with NPK in kg/ha (X_1) and the global plant production in IZ/ha

Wyraża ona wpływ nawożenia mineralnego na produkcję roślinną przy oszacowanym oddziaływaniu intensywności struktury zasiewów i jakości gleb. Na podstawie wykreślonej funkcji można określić, że w RSP w latach 1976—1981 przyrost nawożenia o 1 kg NPK przyczyniał się do wzrostu produkcji roślinnej o równowartość 3,82 kg zboża (0,0382 JZ). Nie możemy natomiast wskazać, jak kształtowała się ta efektywność w RSP w poszczególnych województwach i poszczególnych latach. Aby rozwiązać to zagadnienie wykorzystamy zasygnalizowaną na wstępie koncepcję współczynnika oddziaływania nawozów.

WSPÓŁCZYNNIK ODDZIAŁYWANIA NAWOZÓW I JEGO ZASTOSOWANIE

Estymowana funkcja trzyczynnikowa — statystycznie rzecz ujmując — stanowi ocenę wielkości produkcji roślinnej z hektara użytków rolnych przy pomocy nawożenia mineralnego, nawozowej intensywności struktury zasiewów i jakości gleb. Częścią składową tej funkcji jest iloczyn b_1x_1, który wyraża przyrost produkcji uzyskany dzięki zastosowanym nawozom mineralnym. Wobec tego z omawianej funkcji można wypro-

wadzić ogólny wzór na obliczanie współczynnika oddziaływania nawozów (W):

$$W = \frac{b_1x_1}{a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3}$$

Obliczone na podstawie tego wzoru współczynniki odziaływania nawozów stanowią jednocześnie ocenę współczynników elastyczności produkcji względem nawożenia mineralnego. W ujęciu procentowym wskazują one, o ile procent wzrośnie produkcja roślinna z hektara użytków rolnych, gdy nawożenie zwiększy się o 100%.

Wielkość omawianych tu współczynników zależy od poziomu nawożenia mineralnego (x_1), wskaźnika intensywności struktury zasiewów (x_2) i wskaźnika bonitacji gleb (x_3). Zależności te charakteryzują liczby zamieszczone w tabeli 2. Wynika z nich, że w miarę wzrastania intensywności struktury zasiewów i jakości gleb współczynnik oddziaływania nawozów maleje, a wzrasta wraz z powiększaniem się zużycia nawozów. Wobec tego można powiedzieć, że przy ekstensywnej strukturze zasie-

Tab. 2. Kształtowanie się współczynnika oddziaływania nawozów w zależności od poziomu nawożenia mineralnego (x_1), wskaźnika intensywności struktury zasiewów (x_2) i wskaźnika bonitacji gleb (x_3)

The formation of the coefficient of the influence of fertilizers depending on the level of mineral fertilization (x_1), the index of intensity of the sowing structure (x_2) and the valuation index of the soils (x_3)

x_2 lub x_3	Poziomy nawożenia NPK w kg/ha UR					
	100	150	200	250	300	350
	Współczynniki oddziaływania nawozów w procentach					
	a) przy wzrastającej intensywności struktury zasiewów (x_2) i przy średnim wskaźniku bonitacji gleb					
100	26,34	34,92	41,70	47,21	51,76	55,59
120	18,35	25,21	31,01	35,97	40,27	44,02
140	14,17	19,72	24,68	29,05	32,95	36,44
160	11,42	16,20	20,49	24,37	27,88	31,09
	b) przy wzrastającym wskaźniku bonitacji gleb (x_3) i przy średniej intensywności struktury zasiewów					
30	19,01	26,05	31,95	36,99	41,33	45,11
40	18,04	24,82	30,57	35,50	39,78	43,52
50	17,17	23,71	29,31	34,13	38,34	42,04
60	16,37	22,70	28,14	32,86	37,00	40,66
70	15,65	21,77	27,06	31,69	35,76	39,37
80	14,99	20,91	27,07	30,59	34,59	38,16

Źródło: Obliczenia własne.

wów i w gorszych warunkach glebowych poziom produkcji roślinnej w większym stopniu zależy od nawożenia mineralnego niż w korzystniejszych warunkach glebowych i przy intensywnej strukturze zasiewów. Nie oznacza to jednak, że i efektywność nawożenia mineralnego w gorszych warunkach jest wyższa, bo względny przyrost produkcji, określony współczynnikiem oddziaływania nawozów, odnosi się do znacznie niższej produkcji w porównaniu z uzyskiwaną w dobrych i bardzo dobrych warunkach glebowych oraz przy intensywnej strukturze zasiewów. Dążenie więc do wyrównania poziomu produkcji roślinnej przez odpowiednie rozdysponowanie nawozów, z czym można spotkać się w praktyce rolniczej, mało ma wspólnego z efektywnością ich zastosowania.

Współczynniki oddziaływania nawozów mogą być obliczane w układzie czasowym i przestrzennym przez podstawianie do wyprowadzonego wzoru estymowanych parametrów funkcji (a, b_1, b_2, b_3) i wielkości zmiennych objaśniających (x_1,x_2, x_3). Mnożąc teraz obliczone współczynniki (W) przez rzeczywiście uzyskaną produkcję z hektara użytków rolnych (y) otrzymamy przyrosty produkcji roślinnej (Δy) uzyskane dzięki nawożeniu mineralnemu, czyli zgodnie z formułą:

$$\Delta y = y \cdot W$$

Przyjmując w tej formule rzeczywiście uzyskaną produkcję, a nie jej ocenę wynikającą z funkcji, zakładamy, że w RSP poszczególnych województw elastyczność produkcji roślinnej względem nawożenia mineralnego była kształtowana przez te same zależności między zmiennymi, które omawianą elastyczność ukształtowały w skali kraju. A zatem nie wprowadzamy tu informacji spoza próby.

Na podstawie estymowanej funkcji produkcji roślinnej możemy wskazać, że RSP w latach 1976—1981 charakteryzowały się stosunkowo niską efektywnością nawożenia mineralnego. Należy przy tym zauważyć, że w poszczególnych województwach mogły występować znaczne wahania i w rzeczywistości efektywność ta była zróżnicowana. W tych województwach, w których występowały dodatnie odchylenia od regresji (funkcji) należy oczekiwać wyższej efektywności stosowanego nawożenia niż w województwach, w których wspomniane odchylenia były ujemne. Odchylenia te zostaną częściowo uwzględnione wówczas, gdy przyrosty produkcji będą ustalane zgodnie z zaproponowaną formułą, która — jak z tego wynika — posiada również merytoryczne uzasadnienie.

Po odniesieniu ustalonego zgodnie z zaproponowaną formułą przyrostu produkcji roślinnej do zużycia nawozów mineralnych (x_1) uzyskujemy wzór na obliczanie wskaźników efektywności nawożenia (E) w poszczególnych latach i województwach:

$$E = \frac{y \cdot W}{x_1}.$$

Z tego wzoru wynika, że efektywność rozpatrywanego nawożenia jest wprost proporcjonalna do wielkości uzyskanej produkcji z jednostki powierzchni użytków rolnych i współczynnika oddziaływania nawozów, a odwrotnie proporcjonalna do ilości zastosowanych nawozów. Jest to więc formuła logicznie i merytorycznie uzasadniona. Obliczone według niej wskaźniki efektywności wyrażają średnią efektywność netto, bo miernikiem jej jest oszacowana część produkcji roślinnej, która została uzyskana dzięki zastosowanym nawozom.

WSKAŹNIK EFEKTYWNOŚCI NAWOŻENIA

Wykorzystując przedstawioną metodę obliczono w RSP wskaźniki efektywności nawożenia mineralnego w przekroju czasowym (tab. 3) i terytorialnym (tab. 4). W pierwszej z wymienionych tabel obok wskaźników efektywności podano również współczynniki oddziaływania nawozów i przyrosty produkcji roślinnej uzyskane dzięki nawożeniu w poszczególnych latach badanego okresu, natomiast w tabeli 3, ze względu na jej rozmiary, ograniczamy się do omawianych wskaźników efektywności.

Z danych zamieszczonych w tabelach 1 i 3 wynika, że w latach 1976—1978 większe było oddziaływanie nawozów, osiągano wyższy poziom produkcji roślinnej i tym samym wyższą efektywność zastosowanych nawo-

Tab. 3. Współczynniki oddziaływania nawozów i efektywność nawożenia mineralnego w RSP w latach 1976—1981
The coefficients of the influence of fertilizers and the efficiency of mineral fertilization in RSP between 1876 and 1981

Rok	Współcz. oddział. NPK	Przyrosty produkcji dzięki nawożeniu	
		JZ/ha	kg/kg NPK
1976	35,78	11,61	4,14
1977	36,08	10,96	4,00
1978	37,08	11,49	4,05
1979	34,33	9,28	3,73
1980	35,76	8,25	3,18
1981	33,66	8,70	3,78
1976—81	35,51	10,04	3,82

Źródło: Obliczenia własne.

Tab. 4. Wskaźniki efektywności nawożenia mineralnego w RSP w latach 1976—1981 wyrażone równowartością zboża w kg/kg NPK *

The indexes of the efficiency of mineral fertilization in RSP between 1976 and 1981 expressed in the equivalent of cereals in kg/kg NPK *

Województwo	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1976—1981
1	2	3	4	5	6	7	8
Warszawskie	3,94	4,86	4,78	4,22	3,92	3,99	4,29
Bialskopodlaskie	4,35	4,82	4,62	4,13	3,60	4,49	4,34
Białostockie	4,77	5,04	4,45	3,18	2,58	3,50	3,92
Bielskie	3,42	3,68	3,79	3,53	3,19	4,00	3,60
Bydgoskie	4,24	3,32	4,49	3,75	2,63	4,17	3,77
Chełmskie	3,41	4,01	4,02	3,84	2,53	2,86	3,45
Ciechanowskie	4,08	4,29	3,84	3,92	3,69	4,10	3,99
Częstochowskie	3,88	4,03	4,17	3,59	3,56	3,94	3,86
Elbląskie	4,70	4,38	3,98	3,83	3,05	3,58	3,92
Gdańskie	4,23	3,92	4,29	3,08	3,05	3,88	3,74
Gorzowskie	3,80	4,02	3,49	3,30	3,35	3,47	3,57
Jeleniogórskie	4,16	2,63	3,78	3,55	3,54	3,62	3,55
Kaliskie	4,25	4,01	4,50	3,95	3,71	4,45	4,15
Katowickie	4,22	4,19	4,27	4,04	3,47	4,11	4,05
Kieleckie	4,38	4,55	4,28	3,05	3,03	3,60	3,82
Konińskie	3,27	4,14	3,40	3,20	1,99	3,04	3,17
Koszalińskie	4,20	4,13	3,85	4,48	2,82	3,88	3,89
Krakowskie	3,37	3,69	3,43	3,85	2,70	2,97	3,34
Krośnieńskie	3,37	3,67	2,93	3,65	2,47	3,24	3,22
Legnickie	4,04	3,80	3,80	3,05	3,12	3,43	3,54
Leszczyńskie	4,40	3,38	4,69	3,94	3,84	4,24	4,08
Lubelskie	4,16	4,52	4,19	4,40	3,16	3,79	4,04
Łomżyńskie	5,32	3,92	3,25	3,38	3,28	4,42	3,93
Łódzkie	4,02	3,60	4,21	3,48	3,16	4,25	3,79
Nowosądeckie	3,37	3,68	4,20	3,85	2,62	3,35	3,51
Olsztyńskie	3,99	3,80	3,88	3,22	2,79	3,42	3,52
Opolskie	4,11	4,15	4,41	3,85	3,84	3,96	4,05
Ostrołęckie	4,38	3,80	3,73	3,19	3,11	3,52	3,62
Pilskie	4,52	3,91	3,92	3,44	3,03	4,35	3,86
Piotrowskie	4,10	4,08	4,72	3,68	3,96	4,35	4,15
Płockie	4,20	3,41	3,79	4,26	3,27	4,18	3,85
Poznańskie	4,66	4,33	4,65	4,24	3,49	4,43	4,30
Przemyskie	3,61	3,48	3,49	3,37	2,61	3,60	3,36
Radomskie	4,32	3,91	3,93	3,96	3,94	3,82	3,98
Rzeszowskie	3,48	3,94	3,56	3,26	2,46	3,15	3,31
Siedleckie	4,92	4,79	4,10	3,89	3,52	3,67	4,15
Sieradzkie	3,86	4,10	4,35	4,03	3,71	4,31	4,06
Skierniewickie	4,29	3,65	4,19	4,05	3,56	3,78	3,92
Słupskie	5,39	4,36	3,88	3,94	3,19	3,58	4,06
Suwalskie	4,38	4,35	4,23	2,87	3,04	3,61	3,75
Szczecińskie	4,35	4,39	3,92	4,64	3,82	3,92	4,17

1	2	3	4	5	6	7	8
Tarnobrzeskie	4,46	4,39	4,81	4,41	3,35	4,18	4,27
Tarnowskie	5,49	4,58	3,54	3,25	3,25	3,25	3,89
Toruńskie	4,31	4,00	4,38	3,82	3,30	3,62	3,91
Wałbrzyskie	3,92	3,89	3,96	4,07	3,27	3,43	3,76
Włocławskie	4,23	4,06	4,57	4,15	2,52	3,70	3,87
Wrocławskie	3,64	3,77	3,88	4,08	3,24	3,64	3,71
Zamojskie	3,98	4,28	4,33	3,99	3,11	4,03	3,95
Zielonogórskie	3,37	3,93	3,83	3,56	3,15	3,44	3,55

* Czyli w setnych częściach jednostki zbożowej.

Źródło: Obliczenia własne.

zów niż w latach 1979—1981. W miarę zmiejszania intensywności struktury zasiewów i nawożenia mineralnego produkcja roślinna stawała się mniej efektywna. Obliczone wskaźniki eftektywności nawożenia mineralnego wyraźnie powiązane są ze średnimi podanymi w tabeli 1. Można więc wskazać, że dobrze charakteryzują omawianą efektywność w poszczególnych latach badanego okresu.

Efektywność nawożenia mineralnego w RSP była bardziej zróżnicowana w układzie wojewódzkim niż czasowym, co potwierdzają wskaźniki zamieszczone w tabeli 4. Wynika z nich, że omawiana efektywność najwyżej ukształtowała się w roku 1976, a najniżej w roku 1980. Były to w badanym okresie skrajne lata pod względem rokładu warunków klimatycznych i efektywności produkcji rolniczej w całym kraju. Obliczone w układzie wojewódzkim wskaźniki efektywności nawożenia zawarte są w poszczególnych latach i w całym okresie w przedziałach (od—do):

w r. 1976	3,27—5,49
w r. 1977	2,63—5,04
w r. 1978	2,93—4,81
w r. 1979	2,87—4,64
w r. 1980	1,99—3,96
w r. 1981	2,86—4,60
w l. 1976—81	1,99—5,49

Srednia wielkość omawianych tu wskaźników dla wszystkich lat i województw wynosi 3,82 i równa się współczynnikowi regresji b_1, czyli efektywności określonej funkcją produkcji roślinnej. Z tego wynika, że zaproponowana metoda — nie zmieniając istoty funkcji — pozwala analizować efektywność nawożenia mineralnego w poszczególnych jednostkach statystycznych, czyli pozwala wniknąć wewnątrz próby (populacji), co szczególnie przy zależnościach liniowych ma duże walory praktyczne, poznawcze i metodyczne.

Na zakończenie uważamy za wskazane zwrócić uwagę na niektóre spostrzeżenia o charakterze merytorycznym. Przede wszystkim trzeba zauważyć, iż średnio w całym okresie najwyższą efektywnością nawożenia mineralnego powyżej 4,2 kg charakteryzowały się RSP z województw: warszawskiego, bialskopodlaskiego, poznańskiego i tarnobrzeskiego. Na szczególną uwagę zasługują RSP z poznańskiego, bo stosunkowo wysoka efektywność uzyskiwana była przy dużym zużyciu nawozów mineralnych (345 kg/ha UR). Stąd można wnosić, że przy racjonalnym gospodarowaniu można stosować wysokie dawki nawozów i zapewnić dostatecznie wysoką ich efektywność. Najniższa zaś efektywność (poniżej 3,5 kg) miała miejsce w RSP z województw: konińskiego, krośnieńskiego, krakowskiego, przemyskiego i rzeszowskiego. W województwach tych RSP uzyskiwały niewspółmiernie niski poziom produkcji roślinnej w stosunku do nawożenia. Spółdzielnie te winny poczynić odpowiednie starania, aby poprawić skuteczność nawożenia, a przede wszystkim podnieść jakość gospodarowania plonotwórczymi środkami produkcji.

WNIOSKI

1. Badania wykazały, że zaproponowana w ramach Ośrodka Koordynacyjnego RWPG przez grupę specjalistów koncepcja współczynnika oddziaływania nawozów może być wykorzystana przy analizowaniu efektywności nawożenia mineralnego metodą funkcji produkcji.

2. Opracowana metoda okazała się przydatna do analizowania efektywności nawożenia w układzie czasowym i przestrzennym. Przy jej pomocy można ustalać wskaźniki efektywności nawożenia mineralnego w poszczególnych jednostkach badanej zbiorowości.

3. Zaproponowana metoda — nie naruszając istoty funkcji produkcji — pozwala wniknąć do wnętrza badanej próby i zróżnicować średnią efektywność nawożenia mineralnego w zależności od poziomu uzyskiwanej produkcji roślinnej, struktury zasiewów i warunków przyrodniczo-glebowych.

4. Ze względu na fakt, iż przy estymowaniu funkcji i obliczaniu wskaźnika oddziaływania nawozów bierze się pod uwagę nawozową intensywność struktury zasiewów i jakość gleb oraz poziom rzeczywiście uzyskanej produkcji i zastosowania nawozów można uznać, że przy pomocy zaproponowanej metody uzyskuje się porównywalne wskaźniki efektywności nawożenia mineralnego.

РЕЗЮМЕ

В статье представлен метод анализа эффективности минерального удобрения при помощи коэффициента воздействия удобрения. Предлагаемый коэффициент (W) вычисляется на основании ранее эстмированной, трехфакторной функции растительной продукции согласно формуле:

$$W=\frac{b_1x_1}{a+b_1x_1+b_2x_2+b_3x_3},$$

в которой x_1 — минеральное удобрение NPK в кг/га сельскохозяйственных угодий,
x_2 — интенсивность удобрения структуры посевов в точках,
x_3 — показатель бонитировки почв в точках,
a, b_1, b_2, b_3 — параметры функции.

Показатели эффективности минерального удобрения (E) вычислялись по формуле:

$$E=\frac{y \cdot W}{x_1},$$

в которой y — валовая растительная продукция в единицах зерновых на 1 гектар сельскохозяйственных угодий.

Так вычисляемые показатели определяют в отдельных статистических единицах среднюю эффективность минерального удобрения нетто, поскольку она определяется на основании прироста продукции, достигнутого в данных условиях благодаря применению удобрений. Предлагаемий метод демонстрируется на примере данных из сельскохозяйственных кооперативов.

SUMMARY

The paper presents the method of analyzing the efficiency of mineral fertilization with the use of the coefficient of the influence of fertilizers. This coefficient (W) was calculated on the basis of previously estimated, three-factor function of the plant production according to the formula:

$$W=\frac{b_1x_1}{a+b_1x_1+b_2x_2+b_3x_3},$$

when: x_1 — mineral fertilization NPK in kg/ha of arable lands,
x_2 — fertilizer intensity of the sowing structure in points,
x_3 — valuation index of the soils in points,
a, b_1, b_2, b_3 — parameters of the function.

The indexes of the efficiency of mineral fertilization (E) were calculated according to the fomula:

$$E=\frac{y \cdot W}{x_1},$$

when: y — global plant production in cereal units per 1 ha arable lands.

The indexes calculated in such a way define the mean efficiency of mineral fertilization netto in particular statistical units, since it is established on the basis of the production rise which was achieved in the given conditions owing to the fertilizers used.

The suggested method is exemplified by the data coming from the agricultural collective farms.